

Verfahren zur Herstellung eines Verbundbauteils und
metall-keramisches Bauteil

Stand der Technik

Die Erfindung geht von einem Verfahren zur Herstellung eines Verbundbauteils gemäß der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 näher definierten Art sowie von einem metall-keramischen Bauteil gemäß der im Oberbegriff des Patentanspruchs 9 näher definierten Art aus.

Metall-keramische Bauteile sind aus der Praxis bekannt und können insbesondere bei tribologischen Anwendungen, wie bei Bremsscheiben, zum Einsatz kommen. Derartige Bauteile bestehen aus einem Keramik-Metall-Verbundwerkstoff und verknüpfen Eigenschaftsprofile von metallischen und keramischen Werkstoffen. Einerseits weisen sie, wie Keramiken, eine hohe Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit auf und andererseits sind sie, wie Metalle, durch eine hohe Scha-

- 2 -

denstoleranz und eine hohe Wärmeleitfähigkeit gekennzeichnet. Darüber hinaus weisen Bauteile aus Keramik-Metall-Verbundwerkstoffen bzw. metall-keramische Bauteile auch bei hohen Temperaturen eine hohe mechanische Stabilität auf.

5

Keramik-Metall-Verbundwerkstoffe können beispielsweise als sogenannter Cast-Metal-Matrix-Composite (MMC_{cast}), bei welchem während der Herstellung einer zu vergießenden Metallphase bis zu 20 % keramische Fasern oder Partikel beige-
10 mischt werden, oder auch als preformbasierter Metall-Matrix-Verbundwerkstoff (MMC_{pref}) ausgebildet sein, wobei letzterer einen keramischen Anteil von gegebenenfalls mehr als 60 % aufweisen kann und damit gegenüber Cast-Metal-Matrix-Composites verschleiß- und korrosionsbeständiger
15 ist.

Bei der Herstellung eines Bauteils aus einem preformbasierten Metall-Matrix-Verbundwerkstoff wird ein poröser keramischer Vorkörper drucklos oder unter Aufbringung eines äußeren Drucks mit einer Metallschmelze infiltriert bzw. be-
20 füllt. In Abhängigkeit von dem Schmelzpunkt der zu infiltrierenden Metallphase ist die Infiltrationstemperatur zu wählen, wobei bei bekannten preformbasierten Metall-Matrix-Verbundwerkstoffen eine erwünschte niedrige Infiltrations-
25 temperatur zu einem gleichfalls niedrigen Schmelzpunkt der Metallphase in dem ausgefertigten Bauteil führt.

In der DE 197 06 925 ist ein Verfahren zur Herstellung eines metall-keramischen Verbundwerkstoffes beschrieben. Bei
30 diesem Verfahren wird im Verlauf des Herstellungsprozesses die Schmelztemperatur einer Metallphase erhöht. Dies wird

- 3 -

dadurch erreicht, dass ein aus einem Pulver gebildetes Gemisch aus einer Keramik und einer niedrig schmelzenden, eutektischen Metalllegierung, die ein gegenüber der Keramik reaktives Metall umfasst, unter Druck getempert wird, so dass die reaktive Legierungskomponente mit der Keramikphase umgesetzt wird und sich im Verlauf der Temperung die Schmelztemperatur der zurückbleibenden Metallphase erhöht. Dies führt dazu, dass in der Metallphase nur die hochschmelzende, nicht reaktive Metallkomponente der Legierung verbleibt.

Aus der EP 0 859 410 A2 ist ein Verfahren zur Herstellung von Bauteilen aus einem preformbasierten Metall-Matrix-Verbundwerkstoff bekannt. Hierbei wird ein aus Siliziumcarbid gefertigter keramischer Vorkörper durch Anwendung eines Gasdruckinfiltrationsverfahrens mit Kupfer oder einer Kupferlegierung infiltriert. Bei Infiltration der Kupferlegierung liegt der Schmelzpunkt der Metallphase des Verbundbauteils niedriger als bei Infiltration reinen Kupfers, dessen Schmelzpunkt bei 1083 °C liegt. Ein mit reinem Kupfer infiltrierter Verbundwerkstoff zeichnet sich daher durch hohe maximale Einsatztemperaturen aus, die mit dem Schmelzpunkt der Metallphase des Verbundwerkstoffs korreliert sind. Jedoch ist die Herstellung eines solchen Verbundbauteils auch mit hohen Prozesstemperaturen verbunden.

Hohe Prozesstemperaturen führen aber zu einer vermehrten Gaslösung in der Metallschmelze. Dies ist ebenso zu vermeiden wie hohe thermische Belastungen eines zur Infiltration eingesetzten Gießwerkzeugs und des Vorkörpers.

- 4 -

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Verbundbauteils, insbesondere einer Bremsscheibe, mit den Merkmalen nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1, bei welchem Verfahren als Metallschmelze eine Legierung aus Kupfer und mindestens einem weiteren Metall eingesetzt wird, wobei das weitere Metall mit mindestens einem reaktiven Bestandteil des Vorkörpers so umgesetzt wird, dass ein Porenraum einer keramischen Phase von im Wesentlichen reinem Kupfer ausgefüllt wird, hat den Vorteil, dass die Metallschmelze bei Prozesstemperaturen infiltriert werden kann, die niedriger sind als die Schmelztemperatur von Kupfer, und dass das resultierende Verbundbauteil als Metallphase im Wesentlichen reines Kupfer aufweist, so dass die maximale Einsatztemperatur des resultierenden Bauteils in dem Bereich der Schmelztemperatur von Kupfer, d. h. im Bereich von 1083 °C, liegen kann. Die im Vergleich zur Infiltration von reinem Kupfer niedrigeren Infiltrationstemperaturen bei dem erfindungsgemäßen Verfahren führen unter anderem wegen kürzerer Aufheizphasen zu kürzeren Prozesszeiten und damit auch zu geringeren Herstellungskosten. Des Weiteren ist die thermische Belastung eines eingesetzten Gießwerkzeugs und des Vorkörpers geringer. Auch sind geringere Mengen an Gas in der Metallschmelze gelöst.

Das Verfahren nach der Erfindung eignet sich insbesondere zur Herstellung von Bauteilen, die für tribologische Anwendungen ausgelegt sind. Beispielsweise können nach dem Verfahren Bremsscheiben eines Kraftfahrzeuges hergestellt werden, deren maximale Einsatztemperatur zweckmäßigerweise hö-

- 5 -

her als 800 °C liegt. Dies ist bei einem Metall-Keramik-Verbundbauteil, dessen Metallphase im Wesentlichen aus reinem Kupfer besteht, gegeben.

5 Ein nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestelltes Verbundbauteil zeichnet sich durch eine hohe Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit, eine große Schadenstoleranz und eine hohe Wärmeleitfähigkeit aus.

10 Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens nach der Erfindung wird die Metallschmelze bei einer Temperatur infiltriert, die zwischen etwa 680 °C und etwa 1000 °C liegt.

15 Die Infiltration der Metallschmelze erfolgt insbesondere unter einem Druck zwischen etwa 100 bar und etwa 300 bar, wobei zur Vermeidung einer Lunkerbildung durch Schrumpfungen nach der Infiltration für eine Zeitdauer von etwa 1 min bis 5 min ein Nachdruck von etwa 300 bar bis 700 bar auf
20 den infiltrierten Vorkörper ausgeübt werden kann.

Um ein Verbundbauteil zu erhalten, das sich durch ein im Vergleich zu einem mit reinem Kupfer infiltrierten Vorkörper geringeres Gewicht auszeichnet, wird vorzugsweise eine
25 Metalllegierung infiltriert, bei der das weitere Metall ein geringeres spezifisches Gewicht als Kupfer aufweist. Beispielsweise wird als Legierung eine CuMg-Legierung, eine CuAl-Legierung, eine CuSi-Legierung, eine CuZr-Legierung oder eine CuTi-Legierung eingesetzt. Bei all diesen Legie-
30 rungen handelt es sich um Legierungen, deren Schmelzpunkt unterhalb des Schmelzpunkts von reinem Kupfer liegt.

- 6 -

Die reaktiven Bestandteile des Vorkörpers können aus mindestens einem Oxid, insbesondere aus TiO_2 und/oder ZrO_2 , aus mindestens einem Karbid und/oder mindestens einem Nitrid gebildet sein.

Die Umsetzung des weiteren Legierungselements und der reaktiven keramischen Verbindung kann entweder während der Infiltration der Metallschmelze, d. h. in situ, oder bei einer gesteuerten Nachtemperung erfolgen. In letzterem Fall sollten die Infiltrationsbedingungen so gesteuert werden, dass eine teilweise Anreaktion im Oberflächenbereich der reaktiven keramischen Verbindung erfolgt und somit die Infiltration erleichtert wird. Wie auch bei einer Umsetzung während der Infiltration führt die chemische Reaktion zu einer Verringerung des Infiltrationsdrucks. Dies ist durch die freigesetzte Reaktionswärme bzw. die veränderte Oberflächenspannung aufgrund der durch die Umsetzung neu gebildeten Phase bedingt.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens nach der Erfindung wird dem Vorkörper eine Porosität von etwa 50 Vol.-% verliehen, so dass gute Reaktionsbedingungen für die Umsetzung des gegenüber Kupfer leichteren Legierungselements gegeben sind. Dies führt zu einer geringeren Gesamtdichte des ausgefertigten Materials.

Der Vorkörper kann derart hergestellt werden, dass er Bestandteile umfasst, die gegenüber der Metallschmelze inert sind und die insbesondere aus Partikeln oder Fasern bestehen, die aus einem Oxid, einem Carbid, einem Nitrid oder

- 7 -

einem Borid gebildet sind. Bei einem Oxid handelt es sich beispielsweise um Aluminiumoxid Al_2O_3 oder Zirkoniumdioxid ZrO_2 , bei einem Carbid beispielsweise um Siliziumcarbid SiC , Titancarbid TiC , Wolframcarbid WC oder Borcarbid B_4C , bei einem Nitrid beispielsweise um Siliziumnitrid Si_3N_4 , Bornitrid BN , Aluminiumnitrid AlN , Zirkoniumnitrid ZrN oder Titanitrid TiN , und bei einem Borid beispielsweise um Titanborid TiB_2 . Die inerten Bestandteile können insbesondere als Verstärkungs- und/oder Funktionselemente für das ausgefertigte Verbundbauteil dienen. So erhöhen beispielsweise Siliziumkarbid oder Aluminiumnitrid die Wärmeleitfähigkeit des ausgefertigten Werkstoffs. Keramikfasern erhöhen die Festigkeit und die Bruchzähigkeit des ausgefertigten Werkstoffs.

Die Erfindung hat auch ein metall-keramisches Bauteil, insbesondere eine Bremsscheibe zum Gegenstand. Das Bauteil umfasst eine keramische Phase, die mit einem Porenraum versehen ist, der im Wesentlichen mit reinem Kupfer befüllt ist. Erfindungsgemäß umfasst die keramische Phase ein Umsetzungsprodukt aus einem reaktiven Keramikbestandteil und einem Metall einer Kupferlegierung, das ein geringeres spezifisches Gewicht als Kupfer hat.

Das erfindungsgemäße metall-keramische Bauteil stellt ein Bauteil dar, das sich durch günstige Eigenschaften hinsichtlich seiner Dichte und damit hinsichtlich seines Gewichts auszeichnet.

Zur Vermeidung hoher thermischer Gradienten bzw. großer thermischer Spannungen, die bei einem tribologisch bean-

- 8 -

spruchten Bauteil infolge eines hohen Energieeintrags während der Reibbeanspruchung auftreten können, weist das Bauteil vorteilhafterweise eine Wärmeleitfähigkeit λ von mehr als 70 W/mK auf, was durch einen entsprechenden Volumenanteil an Kupfer gewährleistet werden kann. Kupfer hat eine Wärmeleitfähigkeit von 400 W/mK.

Um das metall-keramische Bauteil beim Einsatz als Brems-
scheibe mit einer hinreichenden Schadenstoleranz zu versehen, weist das Bauteil vorteilhafterweise eine Bruchzähigkeit größer $10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, vorzugsweise größer $15 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ auf.

Die Einstellung der oben genannten Wärmeleitfähigkeit und der genannten Bruchzähigkeit kann bei dem Bauteil nach der Erfindung insbesondere erreicht werden, wenn es einen Kupferanteil zwischen 20 Vol.-% und 45 Vol.-%, vorzugsweise zwischen 25 Vol.-% und 40 Vol.-%, und einen korrespondierenden Keramikanteil zwischen 55 Vol.-% und 80 Vol.-%, vorzugsweise zwischen 60 Vol.-% und 75 Vol.-% aufweist.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des Gegenstandes nach der Erfindung sind der Beschreibung und den Patentansprüchen entnehmbar.

Sechs Ausführungsbeispiele des Verfahrens nach der Erfindung sind der nachfolgenden Beschreibung in Zusammenhang mit jeweils korrespondierenden metall-keramischen Bauteilen nach der Erfindung näher erläutert.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Bei einer ersten Variante des Verfahrens nach der Erfindung wird zunächst ein poröser keramischer Vorkörper mit der Form einer Bremsscheibe hergestellt, der eine Porosität von etwa 50 Vol.-% aufweist und aus inerten und reaktiven Bestandteilen besteht. Die inerten Bestandteile des Vorkörpers sind aus Siliziumcarbid gebildet. Die reaktiven Bestandteile sind aus Titandioxid gebildet. Der keramische Vorkörper ist ein Sinterkörper, der durch Sinterung eines aus einem Pulver gepressten Grünkörpers gebildet wird.

Der gesinterte Vorkörper wird in einer Druckgussform bzw. einer Gießform mit einer Schmelze aus einer CuAl-Legierung befüllt bzw. infiltriert, die einen Aluminiumanteil von 67 Gew.-% aufweist. Die Schmelztemperatur dieser Legierung liegt bei 548 °C. Anschließend wird der mit der Metallschmelze infiltrierte Vorkörper einem gesteuerten Temperprozess ausgesetzt, bei dem das Aluminium mit dem Titandioxid zu Aluminiumoxid und Titanaluminid reagiert. Als Metallphase bleibt hochschmelzendes Kupfer zurück. Dieses füllt einen Porenraum einer keramischen Phase aus, die das Aluminiumoxid und das Titanaluminid umfasst. Das so entstandene Bauteil stellt die fertige Bremsscheibe dar.

Bei einer alternativen Variante des Verfahrens nach der Erfindung wird zunächst ein poröser keramischer Vorkörper hergestellt, der ebenfalls die Form einer Bremsscheibe hat und als reaktiven Bestandteil Aluminiumoxid Al_2O_3 umfasst. Dieser Vorkörper wird in einer Druckgussform mit einer Metallschmelze aus einer niedrigschmelzenden CuMg-Legierung

- 10 -

befüllt bzw. infiltriert, die eine eutektische Zusammensetzung hat, wobei der Kupferanteil der Schmelze 90,3 Gew.-% beträgt und der Schmelzpunkt der Legierung bei 722 °C liegt. Das reaktive Magnesium oxidiert während der Infiltration mit dem Aluminiumoxid des keramischen Vorkörpers, so dass eine Umsetzung zu einer aus Spinell MgAl_2O_4 gebildeten Keramikphase erfolgt und als Metallphase des resultierenden, die fertige Bremsscheibe darstellenden Bauteils Kupfer zurückbleibt.

Alternativ kann der keramische Vorkörper als reaktiven Bestandteil Titandioxid TiO_2 umfassen, das mit dem Magnesium der Metallschmelze zu MgTiO_3 umgesetzt wird.

Bei einer weiteren Variante des Verfahrens nach der Erfindung wird zur Fertigung einer Bremsscheibe zunächst ein keramischer Vorkörper hergestellt, der als reaktiven Bestandteil Titandioxid TiO_2 , mithin ein keramisches Oxid umfasst.

Der keramische Vorkörper wird in einer Druckgussform mit einer Metallschmelze aus einer CuSi-Legierung infiltriert, deren Siliziumanteil 8 Gew.-% und deren Schmelztemperatur 680 °C beträgt.

Anschließend wird der infiltrierte Vorkörper einer gesteuerten Temperaturbehandlung ausgesetzt, so dass das Silizium der Metallschmelze mit dem keramischen Oxid TiO_2 zu einem Titansilizid, beispielsweise TiSi_2 und/oder Ti_5Si_3 , umgesetzt wird. Als Metallphase der ausgefertigten, ein metallkeramisches Bauteil darstellenden Bremsscheibe bleibt im Wesentlichen reines Kupfer zurück.

- 11 -

Bei einer weiteren Variante des Verfahrens nach der Erfindung wird ein keramischer Vorkörper hergestellt, der einen reaktiven Bestandteil umfasst, der gegenüber Zirkonium Zr als Oxidationsmittel wirkt. Der Vorkörper hat ein Porenvolumen von etwa 50 Vol.-%.

Anschließend wird der Vorkörper mit einer Metallschmelze aus einer CuZr-Legierung infiltriert, die eine eutektische Zusammensetzung hat und deren Schmelzpunkt bei 972 °C liegt. Der Anteil an Zirkonium in der Legierung beträgt 11,5 Gew.-%. Mittels der oxidativ wirkenden Verbindung des keramischen Vorkörpers wird das Zirkonium der Metallschmelze zu Zirkoniumdioxid ZrO_2 umgesetzt. Als metallische Phase des fertigen metall-keramischen, beispielsweise eine Bremscheibe darstellenden Bauteils bleibt Kupfer zurück.

Bei einer weiteren Variante des Verfahrens nach der Erfindung wird zur Fertigung einer Bremscheibe ein keramischer Vorkörper hergestellt, der einen reaktiven Bestandteil hat, der gegenüber Titan als Oxidationsmittel wirkt. Dieser Vorkörper wird in einer Druckgussform mit einer Metallschmelze aus einer CuTi-Legierung eutektischer Zusammensetzung infiltriert, die einen Titananteil von 25 Atom-% und einen Schmelzpunkt von 885 °C hat. Das Titan der Metallschmelze wird mittels des oxidativ wirkenden Bestandteils des Vorkörpers zu Titandioxid TiO_2 umgesetzt. Zurück bleibt wiederum als Metallphase des fertigen metall-keramischen Bauteils Kupfer.

- 12 -

Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele und insbesondere nicht auf die Herstellung von Bremsscheiben beschränkt. Vielmehr können eine Vielzahl an keramischen Vorkörpern mit einer dem jeweiligen Anwendungsfall angepassten Form eingesetzt werden, die einen gegenüber einem Legierungsbestandteil reaktiv wirkenden Bestandteil umfassen, so dass bei Infiltration einer Metallschmelze aus einer Legierung aus Kupfer und einem weiteren Metall das weitere Metall zu einer keramischen Phase umgesetzt werden kann und die metallische Phase des fertigen Bauteils im Wesentlichen aus reinem Kupfer besteht.

5

10

Ansprüche

15

1. Verfahren zur Herstellung eines Verbundbauteils, insbesondere einer Bremsscheibe, umfassend folgende Schritte:

- Herstellen eines porösen keramischen Vorkörpers;
- Infiltration bzw. Befüllung des porösen keramischen Vorkörpers mit einer Metallschmelze, dadurch gekennzeichnet, dass als Metallschmelze eine Legierung aus Kupfer und mindestens einem weiteren Metall eingesetzt wird, wobei das weitere Metall durch eine Reaktion mit mindestens einem reaktiven Bestandteil des Vorkörpers so umgesetzt wird, dass ein Porenraum einer keramischen Phase von im Wesentlichen reinem Kupfer ausgefüllt wird.

20

25

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Metallschmelze bei einer Temperatur infiltriert wird, die niedriger als die Schmelztemperatur von Kupfer

- 14 -

fer ist und vorzugsweise zwischen etwa 680 °C und 1000 °C liegt.

- 5 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der mit der Metallschmelze infiltrierte Vorkörper einer gesteuerten Nachtemperung ausgesetzt wird.
- 10 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass dem Vorkörper eine Porosität von etwa 50 Vol.-% verliehen wird.
- 15 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das weitere Metall der Legierung ein geringeres spezifisches Gewicht als Kupfer hat und als Legierung vorzugsweise eine CuMg-Legierung, eine CuAl-Legierung, eine CuSi-Legierung, eine CuZr-Legierung oder eine CuTi-Legierung eingesetzt wird.
- 20 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die reaktiven Bestandteile des Vorkörpers aus mindestens einem Oxid, insbesondere aus TiO_2 , Al_2O_3 und/oder ZrO_2 , aus mindestens einem Karbid und/oder mindestens einem Nitrid gebildet sind.
- 25 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorkörper Bestandteile umfasst, die gegenüber der Metallschmelze inert sind und insbesondere aus Partikeln oder Fasern bestehen, die aus einem Oxid, einem Carbid, einem Nitrid oder einem Borid
30 gebildet sind.

- 15 -

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die inerten Bestandteile des Vorkörpers als Verstärkungs- und/oder Funktionselemente des ausgefertigten Verbundbauteils eingesetzt werden.

5

9. Metall-keramisches Bauteil, insbesondere Bremsscheibe, umfassend eine keramische Phase, die mit einem Porenraum versehen ist, der im Wesentlichen mit reinem Kupfer befüllt ist, dadurch gekennzeichnet, dass die keramische Phase ein Umsetzungsprodukt aus einem reaktiven Keramikanteil und einem Metall einer Kupferlegierung umfasst, das ein geringeres spezifisches Gewicht als Kupfer hat.

10

10. Metall-keramisches Bauteil nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kupferlegierung eine CuAl-Legierung, eine CuMg-Legierung, eine CuSi-Legierung, eine CuZr-Legierung oder eine CuTi-Legierung ist, und das Umsetzungsprodukt aus Aluminiumoxid und Titanaluminid, aus $MgAl_2O_4$ oder $MgTiO_3$, aus einem Silizid wie $TiSi_2$ oder Ti_5Si_3 , aus Zirkoniumdioxid ZrO_2 oder aus Titandioxid TiO_2 gebildet ist.

20

11. Metall-keramisches Bauteil nach Anspruch 9 oder 10, gekennzeichnet durch einen Kupferanteil zwischen 20 Vol.-% und 45 Vol.-%, vorzugsweise zwischen 25 Vol.-% und 40 Vol.-%, und einen Keramikanteil zwischen 55 Vol.-% und 80 Vol.-%, vorzugsweise zwischen 60 Vol.-% und 75 Vol.-%.

25

30

- 16 -

12. Metall-keramisches Bauteil nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Keramikanteil Partikel und/oder Fasern aus mindestens einem Oxid, mindestens einem Carbid, mindestens einem Nitrid und/oder mindestens einem Borid umfasst.
13. Metall-keramisches Bauteil nach einem der Ansprüche 9 bis 12, gekennzeichnet durch eine Bruchzähigkeit größer $10 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$, vorzugsweise größer $15 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.
14. Metall-keramisches Bauteil nach einem der Ansprüche 9 bis 13, gekennzeichnet durch eine Wärmeleitfähigkeit von mehr als 50 W/mK , bevorzugt mehr als 70 W/mK .

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/052416

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 C04B41/51 C22C1/10 F16D65/12		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 C04B F16D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 5 509 555 A (CHIANG YET-MING ET AL) 23 April 1996 (1996-04-23) claim 35 example 2 column 5, line 41 - line 48	1,3-5,9, 11-14 10
X A	DE 101 43 015 A (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT) 27 March 2003 (2003-03-27) claims 1,4,6 example 1 paragraph '0007!	1,3-5, 7-9, 11-14 10
----- -/---		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex. </div>		
* Special categories of cited documents :		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>*E* earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>*L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>*Z* document member of the same patent family</p> </div> </div>		
Date of the actual completion of the international search <div style="text-align: center;">14 December 2004</div>	Date of mailing of the international search report <div style="text-align: center;">23/12/2004</div>	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3018	Authorized officer <div style="text-align: center;">Rosenberger, J</div>	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/052416

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 44 09 377 A (JAEHRIG HEINZ PETER DR ING ; ZANG VOLKER (DE); WINZLER HANS WERNER (DE) 21 September 1995 (1995-09-21) claims 1,3	1-14
A	EP 0 859 410 A (NGK INSULATORS LTD) 19 August 1998 (1998-08-19) cited in the application claims 1,11	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/EP2004/052416

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5509555	A	23-04-1996	NONE	
DE 10143015	A	27-03-2003	DE 10143015 A1	27-03-2003
DE 4409377	A	21-09-1995	DE 4409377 A1	21-09-1995
EP 0859410	A	19-08-1998	JP 11029379 A	02-02-1999
			CN 1201256 A	09-12-1998
			EP 0859410 A2	19-08-1998
			US 6110577 A	29-08-2000
			US 6479095 B1	12-11-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/052416

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 C04B41/51 C22C1/10 F16D65/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 C04B F16D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	US 5 509 555 A (CHIANG YET-MING ET AL) 23. April 1996 (1996-04-23) Anspruch 35 Beispiel 2 Spalte 5, Zeile 41 - Zeile 48	1,3-5,9, 11-14 10
X A	DE 101 43 015 A (DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT) 27. März 2003 (2003-03-27) Ansprüche 1,4,6 Beispiel 1 Absatz '0007!	1,3-5, 7-9, 11-14 10

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Dezember 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/12/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Rosenberger, J

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 44 09 377 A (JAEHRIG HEINZ PETER DR ING ; ZANG VOLKER (DE); WINZLER HANS WERNER (DE) 21. September 1995 (1995-09-21) Ansprüche 1,3	1-14
A	EP 0 859 410 A (NGK INSULATORS LTD) 19. August 1998 (1998-08-19) in der Anmeldung erwähnt Ansprüche 1,11	1-14

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/052416

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5509555	A	23-04-1996	KEINE	
DE 10143015	A	27-03-2003	DE 10143015 A1	27-03-2003
DE 4409377	A	21-09-1995	DE 4409377 A1	21-09-1995
EP 0859410	A	19-08-1998	JP 11029379 A	02-02-1999
			CN 1201256 A	09-12-1998
			EP 0859410 A2	19-08-1998
			US 6110577 A	29-08-2000
			US 6479095 B1	12-11-2002